

А. Р. Саликов

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ
ПРИРОДНОГО ГАЗА
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПО ГАЗОПРОВОДАМ**

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ
НАРУЖНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ
ВНУТРИДОМОВЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ

Учебное пособие

Второе издание

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 622.691.48
ББК 39.76-082
С16

Саликов, А. Р.

С16 Технологические потери природного газа при транспортировке по газопроводам. Магистральные газопроводы. Наружные газопроводы. Внутридомовые газопроводы : учебное пособие / А. Р. Саликов. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 112 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0533-1

Рассмотрены технологические потери природного газа, возникающие при эксплуатации газопроводов. Освещены источники потерь и определены методы расчета объемов потерь газа, приведены примеры расчетов технологических и аварийных потерь природного газа. Раскрыты юридические, организационные и технические аспекты, возникающие при учете технологических и аварийных потерь газа.

Издание будет полезно студентам нефтегазовых направлений подготовки, специалистам газовых и газораспределительных компаний, собственникам газопроводов и газового оборудования, организациям, производящим обслуживание газового оборудования и газопроводов, а также организациям, ответственным за учет объемов поставки и транспортировки газа.

УДК 622.691.48
ББК 39.76-082

ISBN 978-5-9729-0533-1

© Саликов А. Р., 2021

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

Введение

В данном издании рассмотрены основные причины возникновения технологических потерь природного газа на газопроводах и газовом оборудовании и освещены методы расчета объемов потерь. В настоящее время актуальными становятся задачи определения и разработки приоритетных направлений в развитии ресурсосберегающих технологий транспорта газа, позволяющих, с одной стороны, увеличить объем транспортировки природного газа за счет сокращения его потерь, а с другой — снизить себестоимость его транспортировки. Ресурсосберегающая деятельность предполагает формирование условий для развития непрерывного процесса поиска и практической реализации новых научно-технических, технологических и организационно-экономических решений. Для этого необходимо выявление источников технологических потерь газа, определение количественных значений потерь и их учет.

Рассматриваемая тематика — технологические потери природного газа на газопроводах и газовом оборудовании — разделена на три кластера:

- потери природного газа, возникающие при транспортировке природного газа по магистральным газопроводам;
- потери природного газа, возникающие в газораспределительных сетях — наружных газопроводах;
- потери природного газа, возникающие в сетях газопотребления — во внутридомовых газопроводах.

Книга предназначена для специалистов региональных газовых компаний, газораспределительных организаций, собственников газопроводов и газового оборудования, организаций, производящих обслуживание газового оборудования и газопроводов, а также для организаций, ответственных за учет и сведение баланса поданного и принятого газа.

Автор надеется, что издание поможет специалистам выявить причины технологических потерь природного газа, произвести их расчет, определить ущерб предприятия, рассчитать тариф на транспортировку газа, свести баланс поданного-принятого газа и оптимизировать работу по минимизации технологических потерь природного газа.

В данном издании рассматриваются технологические потери газа, реально существующие и возникающие в газопроводах и газовом оборудовании. Виртуальные потери природного газа (так называемые «мнимые» потери), возникающие как разбаланс между объёмом поданного с газораспределительной станции газа и объёмом газа, потребленным организациями коммунального комплекса, промышленностью, населением и израсходованным на технологические нужды и потери, будут рассмотрены в следующем издании.

В книге наряду с авторскими материалами используются материалы нормативно-правовых актов и методик, действующих на момент издания.

1. Термины, определения и используемые понятия

Источник потерь — технологическое оборудование, используемое для транспортировки газа, которое вследствие своего устройства или при функционировании имеет утечки газа.

Компрессорная станция (КС) — комплекс сооружений и оборудования для повышения давления сжатия газа при его добыче, транспортировке и хранении.

Газоперекачивающий агрегат (ГПА) — предназначен для компримирования природного газа на компрессорных станциях, газопроводов и подземных хранилищ газа. ГПА состоит из нагнетателя природного газа, привода нагнетателя, всасывающего и выхлопного устройств (в случае газотурбинного привода), систем автоматизации, маслосистемы, топливоздушных и масляных коммуникаций и вспомогательного оборудования.

Турбодетандер — энергетическая установка, предназначенная для получения электроэнергии с использованием имеющегося перепада давления в магистральных газопроводах, на газораспределительных станциях и газорегуляторных пунктах.

Сепаратор — устройство, предназначенное для разделения твердой, жидкой и газовой фаз потока с последующим извлечением из него твердой и жидкой фаз. Сепарация газа предназначена для предохранения от попадания влаги и твердых частиц в промышленные газосборные сети и технологическое оборудование газовых и газоконденсатных месторождений.

Конденсатосборник — это специальное устройство, служащее для сбора и удаления конденсата и воды из транспортируемого газа.

Пылеуловитель — предназначен для глубокой очистки добываемого или транспортируемого природного газа от механических примесей, осуществляет тонкую очистку газа.

Газораспределительная станция (ГРС) — совокупность установок и технического оборудования, измерительных и вспомогательных систем распределения газа и регулирования его давления.

Газоизмерительная станция (ГИС) — сооружения, предназначенные для непрерывного автоматического измерения расхода газа, проходящего через измерительные трубопроводы, с опреде-

лением его качественно-количественного состава и теплотворной способности.

Магистральный газопровод (МГ) — трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления.

Наружный газопровод — трубопровод, подземный, наземный и надземный газопровод, проложенный вне зданий до отключающего устройства перед вводным газопроводом или до футляра при вводе в здание в подземном исполнении.

Внутридомовой газопровод — трубопровод многоквартирного дома или жилого дома, подключенный к газораспределительной сети, либо к резервуарной или групповой баллонной установке, обеспечивающий подачу газа до места подключения газоиспользующего оборудования.

Газораспределительный пункт (ГРП) — сооружения, которые служат для дополнительной очистки газа от механических примесей, снижения давления газа после газораспределительной станции и поддержания его на заданном значении с последующей бесперебойной и безаварийной подачей потребителям.

Свеча — техническое устройство в виде вертикальной трубы с оголовком для осуществления организованного выброса газа в атмосферу.

Запорная арматура — разнообразные приспособления и устройства, монтируемые на трубопроводах, резервуарах, аппаратах и приборах и предназначенные для управления потоками рабочей среды.

Газоиспользующее оборудование (ГИО) — оборудование (газовые приборы, аппараты, котлы, теплогенераторы и др.), установленное в помещениях многоквартирных и жилых домов и предназначенное для использования газа в качестве топлива для личных, семейных, домашних, хозяйственных и иных нужд, не связанных с предпринимательской деятельностью.

Газопотребляющее оборудование (ГПО) — оборудование (газовые приборы, аппараты, котлы, теплогенераторы, газопоршневые установки, печи и др.), установленное в помещениях юридических и физических лиц, предназначенное для использования газа для предпринимательской деятельности.

Газораспределительная организация (ГРО) — специализированная организация, осуществляющая эксплуатацию газораспределительной сети и оказывающая услуги, связанные с подачей (транспортировкой) газа потребителям и обслуживанием внутридомового газового оборудования. Газораспределительной организацией может быть: организация — собственник газораспределительной сети либо организация, заключившая с организацией — собственником сети договор на ее аренду.

2. Особенности расчета технологических потерь природного газа

Технологические потери газа определяются по конкретному источнику потерь и могут рассчитываться для двух периодов года: осенне-зимнего — с 1 октября по 31 марта и весенне-летнего — с 1 апреля по 30 сентября, с учетом климатических условий региона. Средняя температура периодов по регионам определяется по СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.

Используемые расчетные формулы необходимо применять после проведения анализа протекающего газодинамического процесса — режима истечения газа. Существуют критические и некритические режимы истечения газа и при различных режимах, объём потерь природного газа определяется по различным формулам. Это связано с характером движения частиц газа в полости трубопровода. При ламинарном движении частиц все слои потока газа движутся параллельно, не перемешиваясь друг с другом, при этом скорость отдельных слоев по сечению поперек потока плавно меняется по параболическому закону от нуля у стенок трубы до наибольшей скорости в ее центре. При турбулентном движении газа частицы потока дополнительно совершают колебания поперёк, что приводит к нарушению параболического закона распределения скоростей по сечению потока (образованию вихрей). Для определения режима истечения газа необходимо сравнить скорость движения газа со скоростью звука в природном газе. Если скорость истечения газа (W_r) больше скорости звука ($W_{\text{звук}}$), то режим истечения газа является критическим (турбулентное дви-

жение потока газа), если $W_{\Gamma} < W_{\text{звук}}$, то режим истечения газа не критический (ламинарное движение потока газа). При анализе режима истечения газа скорость истечения газа определяется по формуле Сен-Венана. В каждом кластере потерь природного газа (кроме потерь газа на магистральных газопроводах) при необходимости проводится данный анализ. В разделе 3. *Потери природного газа при транспортировке природного газа по магистральным газопроводам* расчетные формулы применяются для критического режима истечения газа, т. к. при используемых давлениях газа в магистральных газопроводах режим истечения газа будет однозначно критическим.

3. Потери природного газа при транспортировке по магистральным газопроводам

3.1. Источники потерь

В силу ряда объективных причин — физический и моральный износ технологического оборудования, недозагрузка компрессорных станций и газоперекачивающих агрегатов — технико-экономические показатели транспорта природных газов характеризуются наличием своих удельных энергозатрат.

Технологические потери природного газа на объектах магистрального газопровода можно подразделить на следующие виды потерь:

- потери газа при технологических операциях на оборудовании и его эксплуатации (выброс в атмосферу);
- потери газа вследствие допустимых утечек из оборудования и устройств;
- потери газа вследствие аварий (инцидентов) на газопроводах и оборудовании (рассмотрены в главе 4).

К потерям природного газа при технологических операциях и эксплуатации оборудования относятся:

на компрессорной станции:

- потери газа при плановых или технологически вынужденных пусках, остановках и изменении режимов газоперекачивающих агрегатов (ГПА);
- потери газа при эксплуатации технологических аппаратов и коммуникаций компрессорного цеха;

на линейных объектах:

- потери при продувке конденсатосборников через дренажные линии;
- потери импульсного газа при эксплуатации силовых пневмоприводов кранов;
- потери при продувке сепараторов и пылеуловителей на газораспределительных станциях (ГРС);
- потери при эксплуатации оборудования ГРС.

Таким образом, технологические потери природного газа из оборудования и устройств — это те потери, которые регламентированы паспортами на соответствующее оборудование.

Не могут быть отнесены к технологическим потерям потери газа при производстве ремонтных и (или) восстановительных работ, при зачистке и опорожнении оборудования для проведения ремонтных работ, а также при проведении диагностики и испытаний на объектах магистральных газопроводов (МГ), таких как:

- очистка внутренней полости и внутритрубной технической диагностики действующих газопроводов;
- ликвидация аварий и гидратных пробок;
- ремонт и реконструкция труб на линейном участке МГ;
- врезка отводов и перемычек в магистральный газопровод со стравливанием природного газа;
- заправка одоризационных и метанольных установок;
- ревизия и замена сужающих устройств (диафрагм) на газоизмерительных станциях (ГИС) и пунктах замера расхода природного газа.

Источники образования потерь газа на технологических участках магистральных газопроводов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Устройство/мероприятие	Источник потерь	Характеристика потерь
<i>Компрессорная станция (КС)</i>		
<i>Газоперекачивающий агрегат (ГПА):</i>		
плановая остановка ГПА	свеча обвязки центробежного нагнетателя (ЦБН)	потери при стравливании газа из контура ЦБН

Продолжение таблицы 1

управление силовым приводом, запорной арматурой и устройствами КИПиА	сбросные клапаны приводов запорной арматуры и устройств КИПиА	потери газа при управлении запорной арматурой и устройствами КИПиА
система уплотнения ЦБН	свеча газоотделителя системы уплотнения ЦБН	потери газа через свечи газоотделителей системы уплотнения ЦБН
продувка контура ЦБН	свеча обвязки ЦБН	потери газа при продувке контура ЦБН
турбодетандер для запуска газотурбинного двигателя (ГТД)	свеча турбодетандера	потери газа при пуске ГПА
<i>Технологические аппараты и коммуникации компрессорного цеха (КЦ):</i>		
продувка пылеуловителей, конденсатосборников, сепараторов, вымораживателей, фильтров	предохранительный клапан емкости для сбора конденсата	потери газа через дренажные линии при удалении конденсата
проверка срабатывания предохранительных сбросных клапанов (ПСК)	свеча ПСК	потери газа через свечу при плановой проверке ПСК
блок редуцирования топливного и импульсного газа	уплотнения штоков, регуляторов давления, фланцевые и штуцерные соединения	потери газа через уплотнения штоков, регуляторов давления, фланцевые и штуцерные соединения
<i>Линейная часть магистрального газопровода (ЛЧ МГ):</i>		
продувка конденсатосборников, сепараторов и пылеуловителей на ГРС	предохранительный клапан емкости для сбора конденсата	потери газа через дренажные линии при удалении конденсата
продувка соединительных линий КИП, систем автоматики и телемеханики на ГРС	сбросные клапаны на соединительных линиях	потери газа при продувке соединительных линий КИП, систем автоматики и телемеханики на ГРС

управление силовым приводом запорной арматуры	сбросные клапаны приводов запорной арматуры	потери газа при управлении запорной арматурой
запорно-регулирующая арматура на линейной части, ГРС и ГИС	свечи	утечки газа через запорную арматуру на линейной части, ГРС и ГИС

Для подтверждения технологических потерь проводится инвентаризация источников потерь, документальное подтверждение источников потерь природного газа устанавливается на основании имеющейся проектной документации и фактически установленного оборудования. Причем инвентаризации источников потерь на установленном оборудовании подвергается не только эксплуатируемое оборудование, но и выведенное из эксплуатации (законсервированное). В результате инвентаризации выявленные потери считаются неизбежными и безвозвратными.

Перечень документов, рассматриваемых при инвентаризации:

- нормативные технические документы;
- технологическая часть проектного решения компрессорных станций и линейной части магистральных газопроводов;
- технологические схемы компрессорных станций и магистральных газопроводов;
- технологические схемы линейной части МГ;
- утвержденные технологические регламенты по эксплуатации оборудования и сооружений;
- паспорта на технологическое оборудование и сооружения;
- результаты лабораторных испытаний природного газа, перекачиваемого по магистральным газопроводам.

Объём технологических потерь газа рассчитывается по каждому источнику технологических потерь, определенному в соответствии с проведенной инвентаризацией. На основании расчетов количества технологических потерь газа по каждому источнику технологических потерь составляются ведомость технологических потерь газа по каждому объекту и сводная ведомость в целом по тарифному участку. Расчетные показатели, входящие в формулы для расчета технологических потерь газа (кроме общепринятых), подтверждаются доку-